

# Кодирование звука. Скорость передачи информации

## Что проверяется:

Умение определять объём памяти, необходимый для хранения графической и звуковой информации.

*3.3.1. Форматы графических и звуковых объектов.*

*1.3.2. Оценивать скорость передачи и обработки информации.*

### Что нужно знать:

- при оцифровке звука в памяти запоминаются только отдельные значения сигнала, который нужно выдать на динамик или наушники
- частота дискретизации определяет количество отсчетов, запоминаемых за 1 секунду; 1 Гц (один герц) – это один отсчет в секунду, а 8 кГц – это 8000 отсчетов в секунду
- глубина кодирования – это количество бит, которые выделяются на один отсчет
- для хранения информации о звуке длительностью  $t$  секунд, закодированном с частотой дискретизации  $f$  Гц и глубиной кодирования  $B$  бит требуется  $B \cdot f \cdot t$  бит памяти; например, при  $f = 8$  кГц, глубине кодирования 16 бит на отсчёт и длительности звука 128 секунд требуется

$$I = 8000 \cdot 16 \cdot 128 = 16384000 \text{ бит}$$

$$I = 8000 \cdot 16 \cdot 128 / 8 = 2048000 \text{ байт}$$

$$I = 8000 \cdot 16 \cdot 128 / 8 / 1024 = 2000 \text{ Кбайт}$$

$$I = 8000 \cdot 16 \cdot 128 / 8 / 1024 / 1024 \approx 1,95 \text{ Мбайт}$$

- при двухканальной записи (стерео) объем памяти, необходимый для хранения данных одного канала, умножается на 2
- для упрощения ручных расчетов можно использовать приближённые равенства

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ сек} \approx 64 \text{ сек} = 2^6 \text{ сек}$$

$$1000 \approx 1024 = 2^{10}$$

- нужно помнить, что

$$1 \text{ Мбайт} = 2^{20} \text{ байт} = 2^{23} \text{ бит},$$

$$1 \text{ Кбайт} = 2^{10} \text{ байт} = 2^{13} \text{ бит}$$

- Музыкальный фрагмент был оцифрован и записан в виде файла без использования сжатия данных. Получившийся файл был передан в город А по каналу связи за 30 секунд. Затем тот же музыкальный фрагмент был оцифрован повторно с разрешением в 2 раза выше и частотой дискретизации в 1,5 раза меньше, чем в первый раз. Сжатие данных не производилось. Полученный файл был передан в город Б; пропускная способность канала связи с городом Б в 4 раза выше, чем канала связи с городом А. Сколько секунд длилась передача файла в город Б? В ответе запишите только целое число, единицу измерения писать не нужно.

## Решение (вариант 1):

- 1) объём музыкального файла вычисляется по формуле  $I = f \cdot r \cdot k \cdot t$ , где  $f$  – частота дискретизации,  $r$  – разрешение (глубина кодирования),  $k$  – количество каналов,  $t$  – время звучания
- 2) при повышении разрешения (количества битов на хранения одного отсчёта) в 2 раза объём файла (при прочих равных условиях) увеличивается в 2 раза, поэтому время тоже увеличится в 2 раза
- 3) при снижении частоты дискретизации (количества хранимых отсчётов за 1 секунду) в 1,5 раза объём файла (при прочих равных условиях) уменьшается в 1,5 раза, поэтому время тоже уменьшится в 1,5 раза
- 4) при увеличении пропускной способности канала связи (здесь это то же самое, что и скорость передачи данных) в 4 раза время передачи (при прочих равных условиях) уменьшится в 4 раза
- 5) поэтому исходное время передачи файла нужно
  - а) умножить на 2
  - б) разделить на 1,5
  - в) разделить на 4
- 6) получается  $30 \cdot 2 / 1,5 / 4 = 10$  секунд
- 7) Ответ: **10**.

**Решение (вариант 2, с неизвестными):**

- 1) примём объём первого музыкального файла за  $X$ , тогда скорость передачи в город А равна  $X/30$
- 2) при увеличении разрешения в 2 раза на один отсчёт отводится в памяти в 2 раз больше места, то есть объём файла увеличится в 2 раза
- 3) при уменьшении частоты дискретизации в 1,5 раза объём файла уменьшается в 1,5 раза (за 1 с берём в 1,5 раз меньше отсчётов)
- 4) объединяя 2) и 3), получаем, что объём файла, полученного после второй оцифровки, равен
$$X \cdot 2 / 1,5 = \frac{4}{3} X$$
- 5) пропускная способность (подразумевается – и скорость передачи!) канала связи с городом Б в 4 раза выше, то есть скорость равна  $\frac{4}{30} X$
- 6) время передачи находим как отношение объёма файла к скорости:
$$\left( \frac{4}{3} X \right) : \left( \frac{4}{30} X \right) = 10 \text{ с}$$
- 7) Ответ: **10**.

**Решение (вариант 3, А.Н. Носкин):**

- 8) объём музыкального файла вычисляется по формуле  $I = f \cdot r \cdot k \cdot t$ , где  $f$  – частота дискретизации,  $r$  – разрешение (глубина кодирования),  $k$  – количество каналов,  $t$  – время звучания
- 9) так как  $I_1 = f_1 \cdot r_1 \cdot k_1 \cdot t_1$ , то  $I_2 = 2/1,5 \cdot I_1$
- 10) время передачи  $t_2 = I_2 / v_2 = (2/1,5 \cdot I_1) / (4 \cdot v_1) = (2/1,5 \cdot 30) / 4 = 10$  сек, где  $v_1$  – пропускная способность канала в пункт А.
- 11) Ответ: **10**.

- Производилась двухканальная (стерео) звукозапись с частотой дискретизации 64 кГц и 24-битным разрешением. В результате был получен файл размером 120 Мбайт, сжатие данных не производилось. Определите приблизительно, сколько времени (в минутах) производилась запись. В качестве ответа укажите ближайшее к времени записи целое число, кратное 5.



**Решение (через степени двойки):**

1) так как частота дискретизации 64 кГц, за одну секунду запоминается 64000 значений сигнала

2) так как глубина кодирования – 24 бита = 3 байта, для хранения 1 секунды записи требуется

$$2 \times 64000 \times 3 \text{ байта}$$

(коэффициент 2 – для стерео записи)

3) на 1 минуту = 60 секунд записи потребуется

$$60 \times 2 \times 64000 \times 3 \text{ байта}$$

4) переходим к степеням двойки, заменяя  $60 \leftarrow 64 = 2^6$ ;  $1000 \leftarrow 1024 = 2^{10}$ :

$$2^6 \times 2^1 \times 2^6 \times 2^{10} \times 3 \text{ байта} = 2^6 \times 2^1 \times 2^6 \times 3 \text{ Кбайта}$$

$$= 2^2 \times 2^1 \times 3 \text{ Мбайта} = 24 \text{ Мбайта}$$

5) тогда время записи файла объёмом 120 Мбайт равно  $120 / \underline{24} = 5$  минут

6) таким образом, правильный ответ – **5**.

**P-01.** Производится одноканальная (моно) звукозапись с частотой дискретизации 16 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Запись длится 1 минуту, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?

1) 0,2

2) 2

3) 3

4) 4

### Решение (вариант 1, «в лоб»):

- 7) так как частота дискретизации 16 кГц, за одну секунду запоминается 16000 значений сигнала
- 8) так как глубина кодирования – 24 бита = 3 байта, для хранения 1 секунды записи требуется  
 $16000 \times 3 \text{ байта} = 48\,000 \text{ байт}$   
(для стерео записи – в 2 раза больше)
- 9) на 1 минуту = 60 секунд записи потребуется  
 $60 \times 48000 \text{ байта} = 2\,880\,000 \text{ байт}$ ,  
то есть около 3 Мбайт
- 10) таким образом, правильный ответ – 3.

#### Возможные ловушки и проблемы:

- если указано, что выполняется двухканальная (стерео) запись, нужно не забыть в конце умножить результат на 2
- могут получиться довольно большие числа, к тому же «некруглые» (к сожалению, использовать калькулятор по-прежнему запрещено)

**Решение (вариант 2, через степени двойки, с сайта [ege-go.ru](http://ege-go.ru)):**

1) обратите внимание, что в этой задаче не требуется ТОЧНО вычислять размер файла, нужно только выполнить прикидочные расчеты

2) в этом случае, если нет калькулятора (а на ЕГЭ его нет) удобно привести все числа к ближайшим степеням двойки, например,

$$1 \text{ мин} = 60 \text{ сек} \approx 64 \text{ сек} = 2^6 \text{ сек}$$

$$1000 \approx 1024 = 2^{10}$$

3) так как частота дискретизации 16 кГц, за одну секунду запоминается 16000 значений сигнала, что примерно равно

$$16 \times 1000 \approx 16 \times 1024 = 2^4 \times 2^{10} = 2^{14} \text{ Гц}$$

4) так как глубина кодирования – 24 бита = 3 байта, для хранения 1 секунды записи требуется

$$16000 \times 3 \text{ байта} \approx 2^{14} \times 3 \text{ байт}$$

(для стерео записи – в 2 раза больше)

5) на 1 минуту = 60 сек  $\approx$  64 сек =  $2^6$  сек записи потребуется примерно

$$64 \times 2^{14} \times 3 \text{ байта} = 2^6 \times 2^{14} \times 3 \text{ байта} = 3 \times 2^{20} \text{ байта}$$

6) переводит эту величину в Мбайты:

$$(3 \times 2^{20} \text{ байта}) / 2^{20} = 3 \text{ Мбайт}$$

7) таким образом, правильный ответ – **3**.

## Еще пример задания:

**P-00.** Производится одноканальная (моно) звукозапись с частотой дискретизации 64Гц. При записи использовались 32 уровня дискретизации. Запись длится 4 минуты 16 секунд, её результаты записываются в файл, причём каждый сигнал кодируется минимально возможным и одинаковым количеством битов. Какое из приведённых ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в килобайтах?

1) 10

2) 64

3) 80

4) 512

### Решение:

- 1) так как частота дискретизации 64 Гц, за одну секунду запоминается 64 значения сигнала
- 2) глубина кодирования не задана!
- 3) используется  $32 = 2^5$  уровня дискретизации значения сигнала, поэтому на один отсчет приходится 5 бит
- 4) время записи 4 мин 16 с =  $4 \times 60 + 16 = 256$  с
- 5) за это время нужно сохранить
$$256 \times 5 \times 64 \text{ бит} = 256 \times 5 \times 8 \text{ байт} = 5 \times 2 \text{ Кбайт} = 10 \text{ Кбайт}$$
- 6) таким образом, правильный ответ – **1**.

#### Возможные ловушки и проблемы:

- если указано, что выполняется двухканальная (стерео) запись, нужно не забыть в конце умножить результат на 2
- если «по инерции» считать, что 32 – это глубина кодирования звука в битах, то получим неверный ответ 64 Кбайта

## Задачи для тренировки<sup>1</sup>:

- 1) Производится одноканальная (моно) звукозапись с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Запись длится 2 минуты, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?  
1) 11            2) 12            3) 13            4) 20
- 2) Производится одноканальная (моно) звукозапись с частотой дискретизации 22 кГц и глубиной кодирования 16 бит. Запись длится 2 минуты, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?  
1) 1            2) 2            3) 5            4) 10
- 3) Производится двухканальная (стерео) звукозапись с частотой дискретизации 48 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Запись длится 1 минуту, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?  
1) 0,3            2) 4            3) 16            4) 132
- 4) Производится двухканальная (стерео) звукозапись с частотой дискретизации 22 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Запись длится 2 минуты, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?  
1) 11            2) 12            3) 13            4) 15
- 5) Производится одноканальная (моно) звукозапись с частотой дискретизации 11 кГц и глубиной кодирования 24 бита. Запись длится 7 минут, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Какое из приведенных ниже чисел наиболее близко к размеру полученного файла, выраженному в мегабайтах?  
1) 11            2) 13            3) 15            4) 22